

## Strategie di sviluppo fra innovazione e sostenibilità nell'industria chimica: Il caso del Petrolchimico di Ferrara

di Alessandro Bratti<sup>\*</sup>, Alberto Cavazzini<sup>†</sup>, Elisa Chioatto<sup>‡</sup>,  
Massimiliano Mazzanti<sup>§</sup> e Fabiola Onofrio<sup>\*\*</sup>

### Sommario

Il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050, insieme alla promozione di una ripresa ecologica post-COVID-19, richiede una transizione verso un'economia circolare, disaccoppiando la crescita economica dal consumo di risorse. Il settore delle materie plastiche svolge un ruolo cruciale in questo cambiamento e di conseguenza porta in primo piano il settore della chimica nello sviluppo di tecnologie volte a migliorare i processi di riciclo. Questo articolo esplora lo stato attuale e gli obiettivi futuri del Petrolchimico di Ferrara, evidenziando approcci innovativi per rendere sostenibile l'industria. Coinvolgendo diversi esperti del settore, si immaginano scenari per il futuro del Petrolchimico ferrarese, considerando l'interazione tra innovazione, creazione di posti di lavoro, ricerca e sviluppo, e formazione di nuove competenze.

**Parole chiave:** Industria Petrolchimica, Chimica Verde, Riciclo della Plastica, Economia Circolare, Eco-Innovazione, Competenze Verdi.

**Classificazione JEL:** O3, Q01 Q55

---

<sup>\*</sup> Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (ADBPO).

<sup>†</sup> Università di Ferrara.

<sup>‡</sup> Università di Ferrara; SEEDS.

<sup>§</sup> Università di Ferrara; SEEDS.

<sup>\*\*</sup> Università di Ferrara; SEEDS.

## **Development Strategies between Innovation and Sustainability in the Chemical Industry: The Case of the Ferrara Petrochemical Hub.**

### **Abstract:**

Achieving climate neutrality by 2050, alongside promoting an ecological recovery post-COVID-19, requires a shift toward a circular economy, decoupling economic growth from resource consumption. The plastics sector plays a crucial role in this transition, bringing the chemical industry to the forefront in developing technologies aimed at improving recycling processes. This article explores the current status and future goals of the Ferrara Petrochemical hub, highlighting innovative approaches to make the industry sustainable. Involving several experts, the study envisions scenarios for the future of Ferrara's petrochemical industry, considering the interplay between innovation, job creation, research and development, and the cultivation of new skills.

**Keywords:** Petrochemical Industry, Green Chemistry, Plastic Recycling, Circular Economy, Eco-Innovation, Green Skills

**JEL Classification:** O3, Q01 Q55

## 1. Introduzione e contesto

L'evidenza scientifica della consistenza del riscaldamento globale e che a causarlo siano le emissioni di gas climalteranti dovuti all'impiego dei combustibili fossili e dall'uso non sostenibile delle risorse e del territorio, impone l'attuazione di una transizione finalizzata alla neutralità carbonica e di uno sviluppo sostenibile. Per realizzare una *transizione sostenibile* in Europa e al di fuori di essa, l'Unione Europea (UE) si trova ad affrontare sfide economiche, finanziarie e geopolitiche, tra cui l'elevata inflazione, la scarsa resilienza agli shock esterni (per esempio nuove pandemie e conflitti), la forte dipendenza dalle importazioni di energia e di materie prime critiche, gli elevati deficit fiscali e il debito pubblico di alcuni Paesi, potenziali divergenze in termini di crescita e sviluppo tra Paesi e regioni (IPCC, 2022). Da questo emerge che la transizione verso la sostenibilità dovrà essere guidata dalla co-evoluzione di molteplici transizioni (ecologica, tecnologico/digitale, culturale, sociale finanziaria/fiscale), avviate in diverse dimensioni geografiche e temporali, e con impatti su diverse scale sociali.

In merito all'emergenza dettata dagli impatti del cambiamento climatico, il rapporto IPCC del 2022 dimostra come le economie avranno bisogno di rapide e sostenute riduzioni delle emissioni di gas ad effetto serra, il target di azzeramento delle emissioni nette di CO<sub>2</sub> rappresenta infatti un obiettivo centrale. A questo proposito, nel dicembre 2019 la leadership europea ha stilato l'*European Green Deal* che delinea il piano di crescita a lungo termine dell'Europa con l'obiettivo di renderla un continente neutrale dal punto di vista climatico entro il 2050, e dare ulteriore impulso al ruolo dell'economia circolare nel plasmare gli attuali sistemi di produzione verso modelli in cui la crescita economica sia disaccoppiata dall'uso delle risorse, innovativo e socialmente inclusivo. (Commissione Europea, 2019). È chiaro che per alcuni Stati membri e regioni il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica saranno più impegnativi che per altri. Infatti, alcuni dipendono maggiormente dai combustibili fossili o sono caratterizzati da un elevato numero di occupati in industrie ad alta intensità di carbonio. Tuttavia, circostanze recenti, come la pandemia e la crisi ucraina, hanno ulteriormente evidenziato le opportunità che l'economia circolare può offrire anche per alleviare la dipendenza economica da materie prime ed energia provenienti da Paesi terzi, rendendola così più resiliente agli shock esterni (MITE, 2022). In Italia, ad esempio, dove l'approvvigionamento interno di materie prime è scarso e i mercati sono geograficamente marginali rispetto all'Europa centrale, l'economia circolare rappresenta un obiettivo strategico (MITE 2022).

Congiuntamente i target stabiliti dall'Agenda 2030 e dal Green Deal Europeo rappresentano la bussola per la definizione di nuove politiche e strategie non solo per i governi nazionali degli stati membri, ma anche per i governi regionali e le amministrazioni locali, i quali assumono un ruolo chiave nell'attuazione della normativa. Il Patto per il Lavoro ed il clima è la strategia della Regione Emilia-Romagna per lo sviluppo del territorio in linea con gli obiettivi condivisi dall'Accordo di Parigi e dall'Unione Europea e in accordo con la Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Insieme a questo si distinguono altri documenti strategici ovvero: il documento strategico regionale per la programmazione unitaria delle politiche europee di sviluppo 2021-2027 (DSR); la Strategia specializzazione intelligente 2021-2027; la Strategia regionale FESR per la programmazione 2021-2027 e la VAS; e il Programma FSE+ per la programmazione 2021-2027.

Tra gli obiettivi del Patto per il Lavoro ed il clima emerge la centralità di improntare un progetto di sviluppo nuovo di ripartenza che ha come prerogativa l'affermazione di una transizione ecologica *giusta*: ciò significa considerare nel passaggio a modelli di produzione sostenibili anche l'inclusione di interventi sociali necessari a garantire i diritti dei lavoratori e i mezzi di sussistenza delle persone, posti di lavoro, nuove competenze e condizioni di vita dignitose. Tra gli altri, il Patto stabilisce il target di azzeramento delle emissioni per raggiungere la neutralità carbonica prima del 2050 ed il passaggio al 100% delle energie rinnovabili entro il 2035. In questo contesto, le politiche ambientali hanno la duplice finalità di sostenere le industrie sostenendole nell'affrontare nuove sfide tecnico-organizzative (quali la gestione più efficiente delle risorse, la trasformazione dei sistemi di produzione), (Borghesi et al., 2015, Cainelli et al., 2012; Costantini e Mazzanti, 2012; Costantini et al., 2013; Costantini et al., 2023; Zoboli et al., 2020); dall'altro sostenere il mercato del lavoro che necessiterà di nuove competenze verdi (Barbieri et al., 2023; Consoli et al., 2016; Vona et al., 2018).

Spianare la strada all'obiettivo vincolante di riduzione delle emissioni di gas serra richiede un sostanziale intervento in tutti i settori economici. Di particolare rilevanza nello sviluppo verso un paradigma circolare è il settore, in senso lato, della plastica<sup>1</sup>. Molteplici sono state le linee di intervento adottate dalla normativa Europea per, da un lato, gestire in maniera sicura i rifiuti plastici e dall'altro supportare il riciclo finalizzato a fornire valore agli

---

<sup>1</sup> Con il termine plastica, in questo report, si intende qualsiasi materiale organico a elevato peso molecolare, ottenuto industrialmente da monomeri derivati da fonti fossili, i quali determinano con la loro composizione il quadro specifico delle caratteristiche dei materiali stessi e la valorizzazione del suo rifiuto come input produttivo.

scarti consentendone nuovi impieghi. Questi obiettivi portano in primo piano il ruolo che dovrà giocare la chimica nell'individuazione di nuove tecnologie volte all'efficientamento dei processi di riciclo attuali ed emergenti. Attualmente ancora molti materiali plastici (per esempio misti o contaminati) terminano il loro ciclo vita nei termovalorizzatori. Questi sono materiali che o non riescono a essere recuperati tramite riciclo meccanico oppure che tramite il riciclo meccanico non riescono ad ottenere una qualità tale da essere poi reintrodotti nel mercato.

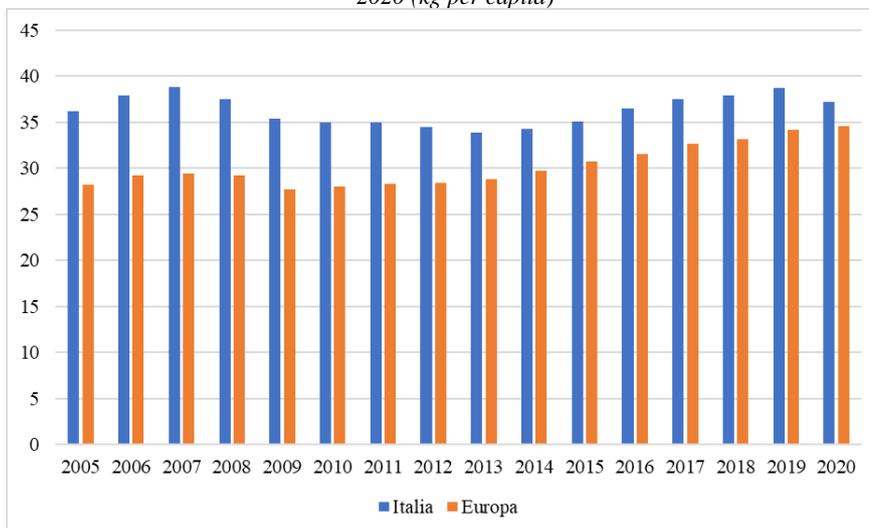
Sulla base di queste premesse sono numerose le realtà che stanno investendo per realizzare processi basati sul riciclo chimico, in grado di riportare il polimero alla sua natura. Questo rapporto si pone l'obiettivo di indagare lo stato dell'arte del Polo chimico di Ferrara e delineare possibili prospettive di sviluppo futuro. Tali prospettive hanno beneficiato di colloqui con esperti del settore, che hanno offerto spunti significativi su come il Polo possa essere trasformato per garantirne una transizione sostenibile.

Il futuro dell'industria Petrolchimica in Europa e in particolare nel nostro Paese dipende dalla disponibilità e ambizione di avviare un ciclo virtuoso di innovazioni che sappiano affrontare i nuovi obiettivi posti dalla transizione ecologica. Tutte le aziende insediate nel polo hanno già intrapreso diverse iniziative finalizzate alla neutralità carbonica, all'efficientamento energetico e alla sostenibilità. La sintesi di tali iniziative può essere rappresentata dall'impegno crescente nel riciclo integrale della plastica per il futuro della Petrolchimica italiana e non solo. È del tutto evidente che per raggiungere gli obiettivi posti sia fondamentale la presenza di stabilimenti chimici di livello mondiale supportati da Centri di Ricerca con consolidata esperienza. Quello che si ha di fronte è infatti innanzitutto un obiettivo di sistema: garantire la salvaguardia dell'industria Petrolchimica attraverso il rilancio di uno sviluppo sostenibile. In questo senso, si ritiene che sia possibile ripercorrere il percorso già vissuto a Ferrara presso il Centro Ricerche Giulio Natta con la realizzazione del polipropilene negli anni '50 a livello pilota e poi industriale e successivamente, negli anni '80, con le svolte innovative del processo di produzione Spheripol, caratterizzato da notevoli risparmi energetici ed enormi vantaggi ecologici, seguito alcuni anni dopo dal processo Catalloy. Con lo stesso impegno, perseguire l'obiettivo del riciclo integrale della plastica potrebbe quindi essere lo strumento attraverso il quale il Polo chimico di Ferrara potrà trovare il suo futuro (Bertoni et al., 2006; Bracci et al., 2020).

## 2. Il settore della chimica come catalizzatore per un utilizzo e gestione più sostenibile dei materiali plastici

La plastica ricopre un ruolo importante nello sviluppo dei processi produttivi e sistemi economici. Ciò deriva dalla sua flessibilità, leggerezza, resistenza, impermeabilità, facilità di sterilizzazione e stabilità, che consentono una varietà di applicazioni in diversi settori. Per questi motivi, la domanda di plastica e di conseguenza la generazione di rifiuti di materiale plastico sono ancora molto elevati.

Fig. 1. Generazione di rifiuti derivanti da imballaggio di plastica in Italia ed UE27 2005-2020 (kg per capita)



Fonte: Elaborazione propria da Eurostat, 2023<sup>2</sup>

Per esempio, per quanto concerne i rifiuti da imballaggio, la Figura 2 mostra un aumento dei rifiuti derivanti da imballaggi di plastica nel periodo compreso tra 2005 e 2020 in Europa e più nello specifico in Italia. I dati italiani, partendo dal 2005, mostrano un'oscillazione tra 2008 e 2009

<sup>2</sup> I dati mostrano l'andamento della produzione degli imballaggi di plastica nei 27 paesi dell'Europa. Con il termine "imballaggi" si intende tutti i prodotti utilizzati per il contenimento, la protezione, la movimentazione, la consegna e la presentazione delle merci, dalle materie prime alle merci lavorate, dal produttore all'utilizzatore o al consumatore. Eurostat. Generation of plastic packaging waste per capita. CEI\_PC050 [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI\\_PC050/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI_PC050/default/table)

probabilmente dovuta alla recessione economica di quegli anni, e successivamente, dal 2010, un costante aumento, fino ad arrivare al 2020 con 35 chilogrammi per capita di rifiuti, contro il 37 chilogrammi della media europea.

Date le numerose proprietà fisiche dei prodotti plastici, il problema di questo materiale risiede in particolare nell'abuso e nel suo non corretto smaltimento. Per queste ragioni, negli ultimi anni l'UE ha progressivamente aumentato la sua attenzione per garantire un uso più sostenibile delle materie plastiche e una gestione dei rifiuti meno impattante a livello ambientale. Da un lato la normativa sulla plastica rientra sotto i target che regolano la raccolta dei rifiuti urbani, revisionata in seguito all'emanazione del Piano di Azione per un'economia circolare del 2015. L'UE ha rafforzato gli obiettivi fissati per il riutilizzo e il riciclaggio approvando il target del 65% di riciclo di rifiuti urbani, entro il 2035, e conferimento di rifiuti in discarica inferiore al 10%, con divieto di conferire rifiuti differenziabili, entro il 2035 (Direttiva 2018/851/UE). Inoltre, per contrastare i rifiuti da imballaggi l'UE stabilisce che il 70% dei rifiuti da imballaggio vengano riciclati entro il 2030, con obiettivi diversi per singolo materiale. Per quanto riguarda la plastica, il 55% dei rifiuti derivanti da imballaggio dovranno essere sottoposti a pratiche di riciclo entro il 2030 (Direttiva 2018/852/UE). D'altra parte, il settore della plastica è regolamentato da una normativa *ad hoc* tra cui la Direttiva 2019/904/UE che impone divieti/limitazioni sull'utilizzo di plastiche monouso da giugno 2019 e la Strategia europea per la plastica nell'economia circolare. Nello specifico la Strategia europea per la Plastica nell'Economia Circolare fissa tre obiettivi da raggiungere entro il 2030: 1) almeno il 50% dei rifiuti in plastica dovrà essere riciclato; 2) il 100% degli imballaggi dovrà essere riutilizzabile o riciclabile; 3) la capacità di selezione e di riciclaggio dei rifiuti in plastica dovrà essere quadruplicata rispetto al 2015.

Investire in ricerca e innovazione tecnologica è fondamentale per raggiungere questi obiettivi e ridefinire il futuro della plastica continuando allo stesso tempo a godere del valore economico di questo settore (EEA, 2023). Analizzando i dati dello studio Ambrosetti, infatti, il settore della plastica ha generato, nel 2020, 44,9 miliardi di Euro di fatturato (il 4,6% del totale manifatturiero italiano), posizionandosi all'8° posto tra i settori manifatturieri italiani. Per quanto riguarda la domanda di plastica l'Italia si colloca al secondo posto in UE, con oltre 6,9 milioni di tonnellate (2020), seconda solo alla Germania con 23,3 milioni di tonnellate e con valori pari al doppio di quelli di Regno Unito e Spagna. La domanda di plastica è caratteristica di tutti i settori industriali, dal packaging (40,5%), alle costruzioni (20,4%), all'automotive (8,8%), all'elettrica ed elettronica (6,2%), casa, tempo libero e sport (4,3%) e agricoltura (3,2%). Inoltre, essa

trova ampio impiego nel settore biomedicale. Dal lato della produzione, il settore della plastica italiana ha generato nel 2020 €45,8 mld di fatturato (8° settore manifatturiero in Italia), €12,7 mld di valore aggiunto (5° settore manifatturiero in Italia), sostenendo circa 180 mila occupati. Infine, per quanto concerne l'occupazione, i dati dimostrano un aumento del numero di occupati pari al +17,3% tra il 2016 e il 2020, mentre, nello stesso arco temporale, si è ridotto il numero di imprese del -26,8%. Questo dimostra che l'industria italiana delle materie plastiche è un'industria capace sulla quale continuare a puntare (The European House – Ambrosetti, 2022).

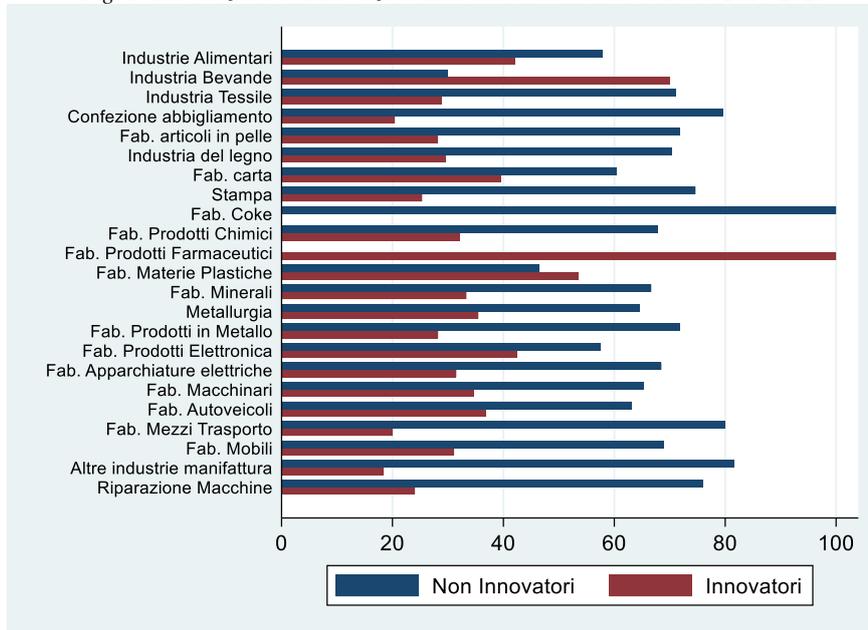
La possibilità di ripensare ad un nuovo futuro in ottica verde per la plastica e di mantenere perciò il valore che questa rappresenta a livello economico dipende fortemente dagli investimenti indirizzati al settore più ampio della chimica di cui fa parte. Il settore della chimica, posizionandosi al sesto posto tra i settori industriali del Paese, con una produzione di circa 56 miliardi di euro, si conferma uno dei settori trainanti dell'economia italiana. A partire dal 2022, però, secondo i dati Federchimica Confindustria, il settore della chimica italiana, ha subito una brusca frenata, con una contrazione del -7,5 sullo stesso periodo del 2021, a causa della crisi energetica dovuta al conflitto russo-ucraino, frenata che potrebbe compromettere la transizione ecologica,

Data la capacità della chimica di essere impiegata in tutti i settori, il suo potenziale in termini di innovazione tecnologica ha rilevanti effetti moltiplicativi su tutta l'economia italiana, sia come miglioramento produttivo, sia a livello di competitività, sia della sostenibilità ambientale. Ed è proprio su quest'ultimo punto che il focus deve essere centrato maggiormente affinché il settore possa riprendersi dalla decrescita del 2021. Sulla scia della nuova transition wave – cioè, le spinte derivanti dal Green Deal verso un uso più efficiente delle risorse per promuovere la diffusione di un'economia sempre più circolare – risulta fondamentale comprendere le nuove ed impellenti esigenze del mercato. L'innovazione settoriale e di prodotto deve essere orientata alle necessità di mercati più ampi, andando incontro a quelle che sono le nuove esigenze della transizione ecologica. Una recente indagine svolta dal Dipartimento di Economia e Management dell'Università di Ferrara mostra il livello di adozione di innovazioni ambientali tra le imprese italiane, permettendo di mettere a confronto il settore della chimica con gli altri settori economici<sup>3</sup> (Mazzanti et al., 2022; Antonioli et al., 2022 (a); Antonioli et al., 2022 (b)).

---

<sup>3</sup> L'indagine empirica è stata condotta utilizzando un dataset originale di Piccole e Medie Imprese italiane osservate in due periodi temporali 2017-2018 e 2019-2020. I dati sono stati

Fig. 3. Introduzione di Innovazioni Ambientali nei settori in Italia 2019-2020



Fonte: Elaborazione propria dati Cercis (CEntre for Research on Circular economy, Innovation and SMEs<sup>4</sup>)

La Figura 3 mostra che nel biennio 2019-2020 circa il 30% delle imprese produttrici di prodotti chimici ed il 55% delle imprese produttrici di materie plastiche hanno introdotto almeno un'innovazione ambientale. Confrontando i dati con le performance delle imprese operanti negli altri

raccolti attraverso l'elaborazione di due indagini nazionali, nel 2020 e nel 2021. Entrambi gli studi hanno assunto la forma di un'indagine CAWI (Computer Assisted Web Interview) attraverso la quale è stato somministrato alle imprese un questionario strutturato. L'obiettivo è raccogliere informazioni sullo stato dell'arte della transizione circolare a livello d'impresa. Particolare interesse è rivolto al ruolo dell'innovazione e al livello di implementazione di pratiche eco-innovative legate all'economia circolare. Il campione è stato stratificato per localizzazione geografica (macroarea, Istat), settore (intensità tecnologica, Eurostat), dimensione (10-49 addetti; 50-249 addetti; >250 addetti). Il campione finale conta 4565 aziende per il biennio 2017-2018 e 4649 per il biennio 2019-2020. 2305 imprese hanno risposto a entrambe le indagini.

<sup>4</sup> Il Centre for Research on Circular economy, Innovation and SMEs (CERCIS) fa parte del Dipartimento di Economia e Management dell'Università di Ferrara finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) su base competitiva per il periodo 2018-2022 per promuovere l'eccellenza nell'istruzione e nella ricerca ("Dipartimenti di Eccellenza").

settori, le imprese produttrici di materie plastiche si posizionano dietro solo alle imprese operanti nell'industria delle bevande e nelle industrie farmaceutiche. La Tabella 1 – valori espressi in percentuale - mostra quali sono le tipologie di innovazioni ambientali introdotte tra le aziende del settore chimico che corrispondono al codice ATECO 20 – Fabbricazione di prodotti chimici di base, di fertilizzanti e composti azotati, di materie plastiche e gomma sintetica in forme primarie - e qual è il loro grado di diffusione nel biennio 2019-2020. Si distinguono in innovazioni di processo e di prodotto tutte quelle innovazioni che si pongono come obiettivo quello di abbattere le emissioni, l'uso di materie prime, di energia e di rifiuti prodotti, di massimizzare la riciclabilità di prodotto. In particolare, su un totale di 38 imprese - le industrie del settore della chimica hanno puntato soprattutto ad innovare a livello di riduzione dell'utilizzo di materie prime – 18,42% – riduzione e riutilizzo dei rifiuti –circa il 13% – e riduzione utilizzo di energia –circa il 13%.

*Tab. 1. Introduzione di innovazioni di processo e di prodotto –codice ATECO 20 riferito al biennio 2019-2020*

<i>Innovazione</i>	<i>Percentuale di adozione (%)</i>
Innovazione riduzione utilizzo di materiali	18,42%
Innovazione utilizzo energia rinnovabili	10,53%
Innovazione riduzione utilizzo energia	13,16%
Innovazione per riduzione rifiuti emessi	13,16%
Innovazione per riutilizzo rifiuti nel proprio ciclo produttivo	13,16%
Innovazione per conferimento dei proprio rifiuti	10,53%
Innovazioni di design prodotto per minimizzare uso materie prime	10,53%
Innovazione di design prodotto per massimizzare riciclabilità	7,89%
Innovazione di processo per riduzione emissioni Gas Serra	2,63%

Fonte: Elaborazione propria dati Cercis

Tab. 2. Introduzione di innovazioni di processo e di prodotto –codice ATECO 22 nel biennio 2019-2020

Innovazione	Percentuale di adozione (%)
Innovazione riduzione utilizzo di materiali	15,61%
Innovazione utilizzo energia rinnovabili	7,06%
Innovazione riduzione utilizzo energia	14,87%
Innovazione per riduzione rifiuti emessi	12,64%
Innovazione per riutilizzo rifiuti nel proprio ciclo produttivo	13,75%
Innovazione per conferimento dei proprio rifiuti	13,01%
Innovazioni di design prodotto per minimizzare uso materie prime	9,29%
Innovazione di design prodotto per massimizzare riciclabilità	9,29%
Innovazione di processo per riduzione emissioni Gas serra	4,46%

Fonte: Elaborazione propria dati Cercis

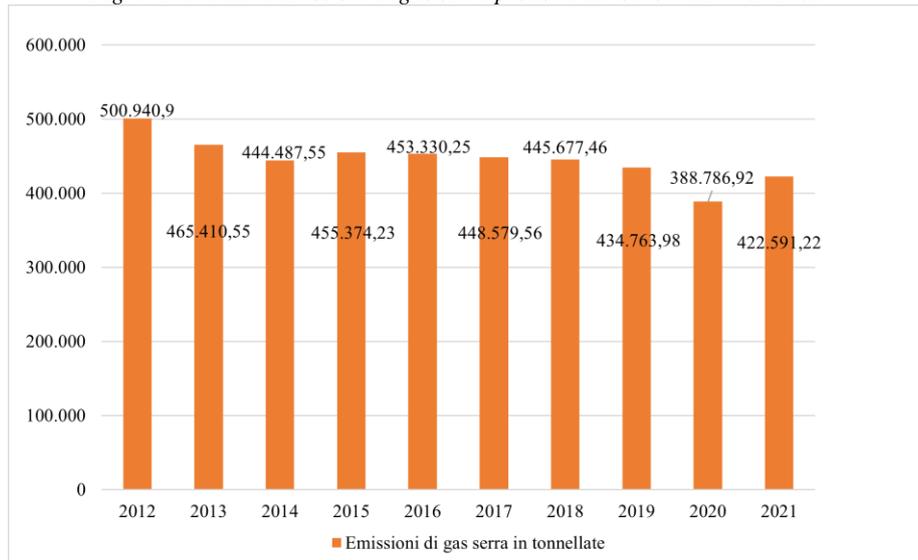
Allo stesso modo, la Tabella 2 mostra i dati facenti riferimento alle imprese con codice ATECO 22 – Fabbricazione di articoli in gomma. In questo caso vediamo come – su un totale di 269 imprese - la maggior parte delle imprese abbia introdotto innovazioni per favorire la riduzione dell'utilizzo di materiali (15,61%) e per la gestione dei rifiuti sia in termini di riduzione, riuso e conferimento ad altre imprese.

Come mostrano le tabelle in entrambi i settori ci sono ancora difficoltà nell'introduzione di innovazioni per ridurre le emissioni di gas serra. Il settore della chimica è infatti un settore che ha difficoltà a decarbonizzarsi a causa delle caratteristiche intrinseche dello stesso, la CO<sub>2</sub> è prodotta non solo dai processi di combustione, ma anche dai processi chimici stessi.

La Figura 4 mostra i dati delle emissioni di gas serra del settore chimico in Italia dal 2012 al 2021. I dati mostrano come, in particolare dal 2016 ci sia stato un andamento di decrescita con un picco nel 2020 in corrispondenza del periodo segnato dalla crisi da COVID, per poi risalire nel 2021. Il settore deve quindi avere la capacità di lanciarsi su prodotti utili alla transizione, come ad esempio costruzioni ed automotive che sono tra i settori che più vengono influenzati dalla transizione ecologica e di puntare sulla chimica verde quali produzioni che siano riciclabili, recuperabili, biodegradabili e/o compostabili. L'altra necessità è quella della riconversione degli impianti, cambiare cicli e processi produttivi implica la necessità di competenze individuali nuove e particolari, si apre così la strada all'acquisizione di know how nuovi ed innovativi, a tratti multidisciplinari, poiché non è fondamentale

solo aver competenze nel settore chimico, ma saper leggere i mercati di riferimento; la creazione di network e dialoghi risulta un passaggio fondamentale per creare virtuosismi economici e situazioni “win-win”. (Marin & Vona, 2023).

Fig. 4. Trend delle emissioni di gas serra prodotte dal settore della chimica



Fonte: Elaborazione propria da Eurostat, 2023<sup>5</sup>

Da questo emerge che, per tramutare la transazione ecologica in occasione di sviluppo è fondamentale per il settore rimanere focalizzati sui tre principali assi dello sviluppo: ambiente, economia e società. L'industria della chimica rappresenta un modello di riferimento dato dal suo virtuosismo che combina ambiente, crescita e benessere con performance migliori della media manifatturiera in tutti gli ambiti della sostenibilità, tramutando ciò in vantaggio competitivo per il settore e per il paese (Federchimica, 2021).

### 3. Passato del Polo chimico Ferrarese e rapporti con l'Amministrazione locale

Il Petrolchimico di Ferrara affonda le sue radici negli anni '30, quando si sviluppa la prima industria chimica legata all'agricoltura. Tuttavia, è alla fine degli anni '40 che prende avvio la vera e propria trasformazione con l'arrivo della Montecatini. In questi anni si assiste al passaggio dalla Carbochimica

<sup>5</sup> Eurostat. Greenhouse gas emissions by source sector (source: EEA). ENV\_AIR\_GGE [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/ENV\\_AIR\\_GGE\\_3](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/ENV_AIR_GGE_3)

alla Petrolchimica attraverso l'impiego delle olefine (soprattutto etilene e propilene) dalle quali si ottengono principalmente le materie plastiche sempre più indispensabili per lo sviluppo dei sistemi economico-produttivi avanzati (Bracci et al., 2020). Nel 1951 viene costruito il primo impianto per ottenere olefine e il primo impianto di politene a bassa densità, considerato un punto di svolta per la crescita del sito industriale. La Montecatini con la collaborazione del Politecnico di Milano e in particolare del Prof. Giulio Natta avvia un piano di ricerche sui nuovi materiali, che sfocerà nella creazione del polipropilene, commercializzato sotto il nome di Moplen, un'invenzione che segna la storia della chimica mondiale e che viene premiata con il Nobel nel 1963.

Durante gli anni '50 e '60, il Petrolchimico di Ferrara si trasforma in uno dei poli più importanti a livello internazionale nel settore chimico. Le tecnologie e i prodotti innovativi sviluppati in questi anni, come le plastiche e i materiali polimerici, conferiscono alla città un ruolo centrale nel panorama industriale globale. Tuttavia, questa fase di grande espansione e innovazione si scontra con una crisi profonda negli anni '60. La combinazione di investimenti errati, impianti di taglia troppo ridotta e fuori mercato e l'abbassamento dei prezzi delle materie prime provoca una battuta d'arresto, mettendo a rischio l'intera industria locale.

Il declino prosegue negli anni '70, con la chiusura di alcuni impianti e la necessità di una ristrutturazione complessiva. Nonostante questo, durante gli anni '80 si assiste a una ripresa sotto la guida di Mario Schimberni, figura chiave della rinascita industriale del sito. Grazie a nuove innovazioni, come il processo Spheripol, e a un rafforzamento delle strategie industriali, il Petrolchimico riesce a rilanciarsi sui mercati internazionali. Nel corso degli anni '80, il Petrolchimico subisce anche l'influenza della collaborazione tra ENI e Montedison, che portano a nuove riorganizzazioni e a una riduzione dell'occupazione, ma anche a una maggiore internazionalizzazione del sito. Questo processo si intensifica ulteriormente negli anni '90, quando LyondellBasell entra in scena, diventando uno dei principali attori a livello mondiale nel settore della chimica e della plastica.

Con l'inizio del nuovo millennio, il Petrolchimico di Ferrara affronta sfide legate non solo alla competitività industriale ma anche alla sostenibilità ambientale. Attraverso accordi tra amministrazioni locali e aziende, si cerca di bilanciare la necessità di sviluppo economico con l'attenzione crescente per la tutela ambientale<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> A partire dal 2001, con "l'Accordo di programma sulla riqualificazione del Polo Chimico di Ferrara" e successivamente nel 2008 con il "Rinnovo ed estensione dell'Accordo

Oggi, il sito è di fronte alla vigilia di una possibile e auspicabile terza rivoluzione, con la ricerca che è chiamata ancora una volta a salvare il Polo chimico ferrarese. Le parole d'ordine quotidiane come cambiamento climatico, transizione ecologica, economia circolare, rivelano una nuova consapevolezza: i prodotti dell'economia futura saranno sempre più i processi. Per intervenire sui cambiamenti, per governare le transizioni e per essere davvero sostenibili sulle tre dimensioni economico, sociale e ambientale, bisognerà pensare per processi e non più per prodotti finiti. Anche il futuro del Petrolchimico di Ferrara dovrà essere inserito in un'ottica di processi circolari come, ad esempio, il riciclo della plastica. Sulla base di queste premesse, la sezione successiva si propone di delineare possibili scenari futuri per il Polo chimico di Ferrara. Attraverso l'analisi dei pareri espressi da esperti del settore, si discuterà delle modalità attraverso cui il sito possa evolversi e intraprendere un percorso di transizione sostenibile.

#### 4. Prospettive future

Il Polo chimico ferrarese si inserisce nel più ampio contesto nazionale che non può non essere preso in considerazione nel tentativo di delineare possibili scenari futuri.

L'Italia, sebbene da un lato venga riconosciuta come un'eccellenza dal punto di vista della ricerca e dello sviluppo delle tecnologie, dall'altro è caratterizzata da un deficit produttivo di polimeri che impone perciò la necessità di rivolgersi a mercati esteri. In generale, una valutazione delle prospettive future del Polo chimico ferrarese non può prescindere dal considerare la più ampia cornice dettata dalle scelte strategiche nazionali, da cui il Polo dipende inevitabilmente, e che negli ultimi anni è andata in

---

*di Programma sul Polo Industriale e Tecnologico di Ferrara*", la relazione tra amministrazione e Polo Chimico diventa più strutturata con la stesura di accordi che coinvolgono oltre alle aziende presenti nel Polo anche Il Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato, Il Comune di Ferrara, la Provincia di Ferrara, la Regione Emilia-Romagna, l'Osservatorio Chimico Nazionale, l'Unindustria di Ferrara, la Federchimica, le Organizzazioni Sindacali Confederali (CGIL, CISL, UIL) e di Categoria (FILCEA, FEMCA, UILCEM), l'EniChem S.p.A. I temi degli Accordi sono sempre più stringenti con obiettivi del tipo:

- costruire e mantenere nel Polo Chimico di Ferrara condizioni ottimali di coesistenza tra tutela dell'ambiente, sviluppo nel settore chimico, che consentano un miglioramento dell'impatto ambientale a fronte di un rafforzamento degli Impianti produttivi e dei Servizi.
- promuovere l'inserimento di nuove attività industriali, anche appartenenti a nuovi settori produttivi, ma comunque sinergiche con la cultura industriale del territorio ed il contesto infrastrutturale e produttivo.

direzione di una chiusura degli impianti produttivi. Tuttavia, disaggregare ricerca e produzione indebolisce la posizione strategica del Paese, specialmente in momenti di crisi nei quali la disponibilità di materia prima è fondamentale per non risultare passivi di fronte alle oscillazioni dei prezzi dettate da mercati e produttori esteri.

Come testimonia la sua storia, il Petrolchimico Ferrarese ha detenuto e detiene un'importante leadership a livello di innovazione tecnologica e ricerca, in particolare grazie alle competenze scientifiche del Centro Giulio Natta. La presenza di un centro di ricerca di tale rilevanza deve tuttavia essere sostenuto anche dalla presenza di impianti produttivi che permettano di rispondere alle esigenze di mercato soprattutto di polipropilene. Si necessita quindi di una politica industriale ambiziosa che delinea la strategia ferrarese puntando su tre punti fondamentali:

1) mantenere la leadership tecnologica quindi continuare a supportare investimenti in ricerca e sviluppo per confermare la posizione di eccellenza della realtà ferrarese;

2) cogliere le nuove possibilità delineate dal Green Deal Europeo e avviare investimenti volti al riciclo integrale della plastica con processi di riciclo sia meccanico che molecolare. Questa riconversione permetterebbe al Polo chimico di affermarsi come esempio di eccellenza in materia di innovazione tecnologica e di unire l'obiettivo di crescita economica locale con quello di tutela ambientale e quindi di raggiungere gli obiettivi comunitari;

3) investire in capitale umano e in green jobs per affermare la realtà di Ferrara e della regione Emilia-Romagna in termini di competenze e know-how.

Con lo stesso impegno, profuso nel corso delle precedenti crisi, si ritiene sia possibile perseguire l'obiettivo del riciclo integrale della plastica, con processi di riciclo sia meccanico che molecolare, a partire da quelli messi a punto e realizzati grazie al lavoro di Ricerca e Sviluppo condotto, all'interno del Polo Industriale ferrarese, da LyondellBasell (progetto MoReTech), grazie alle notevoli competenze possedute nel campo dei catalizzatori e dei processi e da Versalis a Mantova (progetto Hoop).

Si tratta di un progetto, quello del "Riciclo integrale della plastica", che persegue numerosi obiettivi di elevata valenza sociale ed economica come la salvaguardia dell'ambiente, il risparmio energetico e della materia prima fossile, lo sviluppo sostenibile attraverso una potente innovazione tecnologica e la crescita dell'occupazione e della conoscenza nel territorio, con lo sviluppo di professioni di elevata qualità (CDS, 2022). Si nota come la ricerca e lo sviluppo, oltre a essere una determinante primaria dell'innovazione (generatore di brevetti), è un elemento di vantaggio

competitivo rilevante dal punto di vista socioeconomico, consentendo a imprese e istituzioni di comprendere le innovazioni emergenti a livello internazionale (adozione e diffusione dell'innovazione) (Cainelli et al. 2012; Cainelli et al. 2020; Charlot, Crescenzi, Musolesi, 2014; Golinelli, Mazzanti & Musolesi, 2023)

A livello globale sono prodotte circa 400.000.000 di tonnellate ogni anno di materie plastiche (367 milioni di tonnellate nel 2020), di queste 90.000.000 sono composte da poliolefine (sostanzialmente da polipropilene e polietilene) la cui destinazione dopo l'impiego è rappresentata, per oltre il 70%, dal "rifiuto" con combustione o discarica (Federchimica 2021; The European House – Ambrosetti, 2022).

La produzione di poliolefine del Petrolchimico di Ferrara genera pertanto indirettamente una quota di 250.000 tonnellate/anno di rifiuto non riciclabile meccanicamente che potrebbe essere recuperata. Con le tecnologie di riciclo chimico messe a punto da LyondellBasell e da ENI-Versalis, operando con due linee da 125.000 ton/anno si può ottenere una quantità di olio pirolitico (con composizione simile a quella della virgin nafta impiegata negli impianti di cracking) pressoché uguale alla quantità delle poliolefine "rifiuto" (polipropilene e polietilene) prodotte dal Petrolchimico in un anno. Tale olio pirolitico deve essere alimentato successivamente ad un cracker allo scopo di ottenere il propilene e l'etilene necessari per produrre il polipropilene e il polietilene presso gli impianti del Petrolchimico, completando in tale modo un riciclo integrale.

A livello nazionale sarebbero necessarie almeno 7-8 di linee di riciclo molecolare, con a valle un cracker nel nord (nell'area del quadrilatero della Petrolchimica) e con un cracker nel sud (in Sicilia), per l'ottenimento del propilene e dell'etilene, possibilmente sostenuti da fonti energetiche rinnovabili. Il polipropilene e il polietilene "rifiuto", necessari per alimentare le due linee di riciclo molecolare ipotizzate presso il Petrolchimico, possono essere ottenuti sia dall'azienda di raccolta e gestione dei rifiuti del territorio (ad esempio, Hera) sia direttamente dai trasformatori che possono raccogliere le plastiche dei manufatti trasformati in rifiuto (biomedicale, automotive, imballaggi, ecc.).

E' possibile creare, per ogni tipologia di manufatti di plastica, specifiche filiere che hanno nel produttore del manufatto, nel distributore, nell'utilizzatore, nel raccoglitore del rifiuto, nel selezionatore del rifiuto, nel processore del rifiuto selezionato, nel gestore del processo di pirolisi, nel gestore del cracking e così via i passaggi più evidenti con possibili articolazioni legate alle caratteristiche del materiale o alle caratteristiche del manufatto (plastica per l'automotive, imballaggi specifici, articoli per il biomedicale, ecc.).

L'individuazione delle diverse filiere potrebbe sollecitare la nascita di nuovi mestieri, innovazioni dei processi, necessità di nuove competenze scolastiche, con ricadute positive per lo sviluppo del territorio e per l'occupazione. Su tale argomento esistono già esperienze consolidate, soprattutto in Germania, Stati Uniti, Francia, Norvegia, che sarebbe opportuno cogliere. Un coinvolgimento di HERA nel nostro territorio con LyondellBasell, Versalis, il Polo del Biomedicale di Mirandola e il polo dell'automotive della Motor Valley emiliano romagnola potrebbe essere negli obiettivi dell'Amministrazione della Regione ER.

Investendo in formazione e ricerca in modo complementare, è possibile sviluppare competenze interdisciplinari per trasformare, con altre filiere di riciclo meccanico e molecolare, una quota rilevante delle centinaia di milioni di tonnellate di materie plastiche "rifiuto", realizzando un'opera di bonifica ambientale e di valore economico, con il rilancio concreto della Petrochimica nel nostro Paese.

## **5. Altri scenari e prospettive per la transizione sostenibile del settore chimico**

La fine dell'economia basata sul petrolio chiama la chimica ad una nuova sfida che consiste nello sviluppo di nuovi processi e metodi per ottenere prodotti simili, migliorati o nuovi rispetto a quelli disponibili oggi, utilizzando però materie prime diverse dal petrolio.

Le biomasse vegetali o algali non utilizzabili altrimenti, le biomasse di scarto nelle fasi di lavorazione di prodotti agricoli od arborei, gli sfridi di produzioni industriali, i prodotti di scarto industriali, i rifiuti post-consumo, i gas di scarico derivanti da respirazione o combustione, rivestono un ruolo particolarmente importante come materie prime per le nuove produzioni. Nessuna delle materie prime potenzialmente utilizzabili è disponibile in quantità paragonabile a quello che è stato il petrolio. La sfida, quindi, non è semplice perché non è possibile pensare ad una chimica che parta da un'unica fonte di materia prima ma sarà necessario sviluppare molti processi chimici diversi, ciascuno adatto al substrato da utilizzare. La chimica attuale, infatti, è basata su processi a cascata che partono dal cracking del petrolio da cui si ottengono molecole piccole e semplici che vengono lavorate attraverso processi di sintesi per generare molecole a complessità crescente, fino ai materiali plastici ed alle molecole per usi farmaceutici. Cambiando la materia prima di partenza, non solo la fase iniziale di costruzione delle molecole piccole dovrà essere rivista ma tutta la filiera della produzione industriale di prodotti chimici dovrà essere ripensata, dal momento che le nuove fonti di

materia prima potranno dare intermedi più complessi e/o comunque diversi da quelli ottenuti oggi dal cracking del petrolio. Nel settore della produzione industriale chimica, il comparto che avrà l'impatto maggiore dal cambio di materia prima sarà la produzione di materie plastiche e di materiali polimerici in generale. La ragione alla base della presente affermazione sta essenzialmente nei volumi di produzione. Quello dei materiali polimerici, siano essi *comodities* o *specialities*, è di gran lunga superiore a quello della maggior parte degli altri prodotti chimici.

La ricerca scientifica nel campo dei polimeri prodotti a partire da materie prime diverse dal petrolio sta già dimostrando che il cambio di materia prima in molti casi può generare nuove opportunità, ad esempio rendendo possibile, in aggiunta ai tradizionali prodotti di lavorazione del petrolio, anche la produzione di materiali con *caratteristiche* chimiche molto diverse da quelle tipiche dei derivati del petrolio. L'elemento discriminante sono i costi di produzione. Partendo dal petrolio, che è composto sostanzialmente soltanto da carbonio ed idrogeno, la produzione di molecole contenenti altre specie atomiche richiede sforzi sintetici notevoli e, conseguentemente, costi maggiori rispetto ai semplici idrocarburi. Al contrario, partendo da materie prime già ricche, per esempio, di ossigeno ed azoto, quali le biomasse, in linea di principio è possibile ottenere molto più facilmente materiali con questi atomi nella loro struttura molecolare. Cambiando la composizione atomica e la struttura molecolare cambiano ovviamente le proprietà dei materiali che si ottengono. Queste possono essere migliori o peggiori di quelle dei derivati del petrolio, e solo la ricerca sui nuovi materiali potrà dire per quali applicazioni essi sono adatti o quali miglioramenti sono necessari e, infine, se essi risultano competitivi da un punto di vista economico e sostenibili a livello ambientale. La sostituzione di un'intera filiera produttiva comporta non solo lo sviluppo di nuovi metodi di sintesi, di nuovi catalizzatori, di nuovi processi industriali, ecc. ma anche di nuovi metodi analitici per il controllo delle varie fasi del processo e dei prodotti intermedi e finali.

Se pensiamo che l'attuale chimica è stata sviluppata in più di 100 anni, diventa evidente la sfida (e lo sforzo) a cui l'attuale ricerca scientifica e tecnologica è chiamata evitando al contempo gli errori del passato, in primo luogo in termini di impatto ambientale. La ricerca dovrà essere pronta ad accettare la sfida proponendo soluzioni ecosostenibili per ciascuna fase di queste molteplici nuove filiere produttive. Di seguito, vengono menzionate alcune delle potenziali linee di sviluppo future

#### **Bioraffinerie e green chemistry**

Il territorio ferrarese con la sua forte tradizione agricola e la presenza di un polo chimico di rilevanza mondiale per la produzione di materiali

polimerici potrebbe avere un ruolo importante in questa nuova fase economica se sarà in grado di sfruttare opportunamente gli scarti della fiera agricola facendoli diventare materia prima per la produzione di prodotti chimici di base, monomeri e quindi materiali polimerici.

#### **Tecnologie innovative di bonifica**

Forte dell'esperienza di bonifica sviluppata nel Polo Chimico a partire dagli anni 90, il Polo potrebbe diventare un riferimento per lo sviluppo e la valutazione di tecnologie innovative di bonifica. In particolare, la Società Eni Rewind S.p.A. possiede un'esperienza ormai più che ventennale nel settore delle bonifiche in Italia ed all'estero, affiancata da una rigorosa raccolta di conoscenze tecnico-scientifiche e dalla consultazione diretta di fonti istituzionali, di operatori del settore ed accademici italiani ed esteri (ENI) Ferrara è anche sede di RemTech Expo l'unico Hub Tecnologico Ambientale, internazionale e permanente, specializzato sui temi del risanamento, rigenerazione e sviluppo sostenibile dei territori.

#### **Produzione di nuovi catalizzatori e nuove tecnologie**

La produzione industriale di catalizzatori Ziegler-Natta a Ferrara riveste primaria importanza a livello mondiale. Negli ultimi 3 anni sono stati realizzati investimenti significativi per aumentarne la capacità produttiva. In aggiunta, nell'ambito delle nuove attività di ricerca nel campo dell'economia circolare (in particolare il riciclo dei polimeri) e della chimica sostenibile è stata sviluppata a Ferrara una nuova tecnologia di riciclo avanzato proprietaria di LYB. La nuova tecnologia MoReTec (acronimo di "Molecular Recycling Technology") si basa sulla possibilità di riconvertire in materia prima i rifiuti plastici che risulterebbero difficilmente riciclabili con altri metodi (ad esempio riciclo meccanico) e che andrebbero necessariamente in discarica o all'incenerimento sprecando una risorsa preziosa oltre che aumentare l'inquinamento.

## **6. Conclusioni**

Il Polo chimico di Ferrara rappresenta un esempio chiave di come un settore industriale storicamente rilevante possa adattarsi alle nuove sfide dettate dalla transizione ecologica. In un contesto globale in cui la sostenibilità è sempre più al centro delle politiche industriali, il ruolo dell'innovazione tecnologica, della ricerca e dello sviluppo è cruciale per garantire la competitività del settore chimico italiano e internazionale.

Questo studio ha messo in luce le potenzialità del riciclo integrale della plastica, per il Petrolchimico ferrarese, grazie a processi sia di riciclo chimico che molecolare, evidenziando come tali tecnologie possano contribuire

significativamente alla creazione di un'economia circolare, riducendo la dipendenza dai combustibili fossili e minimizzando l'impatto ambientale del sito.

Tuttavia, il successo di questa transizione richiederà un continuo impegno in ambiti chiave: investimenti mirati a preservare la leadership tecnologica, strettamente legata alla necessità di continuare a garantire la presenza di impianti produttivi nel sito; lo sviluppo del capitale umano, con un forte focus sulla formazione e l'acquisizione di nuove competenze; e il potenziamento della ricerca scientifica e tecnologica.

### **Ringraziamenti**

I ringraziamenti sono rivolti a Giuseppe Riva (*Direttore Federchimica PlasticsEurope Italia*); Ing. Valeria Frittelloni (*ISPRA- Direttore Dipartimento per la valutazione, i controlli e la sostenibilità ambientale*); Ing. Giuseppe Rossi (*Ex dirigente Montedison, Basell Polyolefins e Basell Poliolefine Italia*); Prof. Roberto Zoboli (*Facoltà di Scienze Politiche e Sociali, Università Cattolica*); Enrica Barnabesi (*ENEL - Responsabile Collegamento Relazioni Istituzionali*); Guido Bonfredi (*ENEL- Responsabile Environmental Engineering & Market Development*); Troni Michele (*ENEL- Responsabile Remediation*); Dr. Paolo Schiavina (*IFM SCPA, Ferrara*); Prof. Giovanni Marin (*Dipartimento di Economia, Società e Politica, Università di Urbino Carlo Bo*); Prof. Nicolò Barbieri (*Dipartimento Economia e Management, Università di Ferrara*); CDS.

### **Riferimenti bibliografici**

- Antonioli, D., Ghisetti, C., Mazzanti, M., & Nicolli, F. (2022) (a). Sustainable production: The economic returns of circular economy practices. *Business Strategy and the Environment*, 31(5), 2603-2617.
- Antonioli, D., Ghisetti, C., Pareglio, S., Quatrosi, M. (2022) (b). Innovation, Circular economy practices and organisational settings: empirical evidence from Italy. Nota di Lavoro 07.2022, Milano, Italy: *Fondazione Eni Enrico Mattei*.
- Barbieri, N., Marzucchi, A., Rizzo, U. (2023). Green technologies, interdependencies, and policy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 118, 102791.
- Bertoni, R.; Foschi, S.; Guerra, D.; Zannoni, B. (2006) *Ferrara e il suo Petrolchimico, volume primo*. CDS Edizioni.
- Borghesi, S., Cainelli, G., & Mazzanti, M. (2015). Linking emission trading to environmental innovation: Evidence from the Italian manufacturing industry. *Research Policy*, 44(3), 669-683.
- Bracci, C., Foschi, S., Suar, M., Zannoni, B. (2020). *Ferrara e il suo Petrolchimico, volume secondo*. CDS Edizioni.

- Cainelli, G., D'Amato, A., & Mazzanti, M. (2020). Resource efficient eco-innovations for a circular economy: Evidence from EU firms. *Research Policy*, 49(1), 103827.
- Cainelli, G., Mazzanti, M., & Montresor, S. (2012). Environmental innovations, local networks and internationalization. *Industry and Innovation*, 19(8), 697-734.
- CDS. (2022). *Il riciclo integrale della plastica*. <https://www.cdscultura.com/2022/08/11-petrochimico-di-ferrara-puo-trovare-nel-riciclo-integrale-della-plastica-il-suo-futuro/>
- Commissione Europea (2019). The European Green Deal, COM(2019) 640 final, 11 Dicembre.
- Consoli, D., Marin, G., Marzucchi, A., & Vona, F. (2016). Do green jobs differ from non-green jobs in terms of skills and human capital?. *Research Policy*, 45(5), 1046-1060.
- Costantini, V., & Mazzanti, M. (2012). On the green and innovative side of trade competitiveness? The impact of environmental policies and innovation on EU exports. *Research policy*, 41(1), 132-153.
- Costantini, V., Mazzanti, M., & Montini, A. (2013). Environmental performance, innovation and spillovers. Evidence from a regional NAMEA. *Ecological Economics*, 89, 101-114.
- Costantini, V., Marin, G., Napierala, J., Paglialonga, E. (2023). Domanda di competenze e transizione ecologica, in "L'impresa delle competenze, i nuovi saperi e il lavoro", *Rivista di Politica Economica*.
- D'Amato A.; Nicolli, F.; Paleari, S.; Schlupe M.; Specker, A.; Tuscano J.; Piscitello, C.; Wilts. H. The fate of EU plastic waste.
- Directive (EU) 2018/ 852 of The European Parliament and of The Council of 30 May 2018 amending Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste
- Directive (EU) 2018/850 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 1999/31/EC on the landfill of waste
- Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste
- EEA (2019). The sustainability transition in Europe in an age of demographic and technological change- An exploration of implications for fiscal and financial strategies.
- EEA (2023). *Pathways towards circular plastics in Europe — good practice examples from countries, business and citizens* <https://www.eea.europa.eu/publications/pathways-towards-circular-plastics-in>
- ENI. Vademecum Tecnologie di Bonifica. [https://www.eni.com/syndial-assets/documents/2\\_attivita/2.1\\_bonifica-sostenibile/2.1.2\\_tecniche-di-risanamento-dei-suoli/ITA\\_VADEMECUM\\_eni\\_Rewind.pdf](https://www.eni.com/syndial-assets/documents/2_attivita/2.1_bonifica-sostenibile/2.1.2_tecniche-di-risanamento-dei-suoli/ITA_VADEMECUM_eni_Rewind.pdf)
- European Environmental Agency. (2023). European Topic Centre – Circular Economy and Resource Use (ETC CE Report 2023/2).
- Eurostat. BERD by NACE Rev. 2 activity RD\_E\_BERDINDR2. [Access 29/07/2023. Available at [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RD\\_E\\_BERDINDR2\\$DEFAULTVIEW/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RD_E_BERDINDR2$DEFAULTVIEW/default/table) ]
- Eurostat. Employment in the environmental goods and services sector. ENV\_AC\_EGSS! [Access 29/07/2023. Available at [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV\\_AC\\_EGSS1\\$DEFAULTVIEW/default/bar?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ENV_AC_EGSS1$DEFAULTVIEW/default/bar?lang=en) ]
- Eurostat. Generation of plastic packaging waste per capita. CEI\_PC050. [Access 29/07/2023. Available at [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI\\_PC050/default/table](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI_PC050/default/table) ]
- Eurostat. Greenhouse gas emissions by source sector (source: EEA). ENV\_AIR\_GGE [Last access 29/07/2023. Available at [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/ENV\\_AIR\\_GGE\\_3](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/ENV_AIR_GGE_3) ]

- Federchimica. (2021). Il volto della chimica in Italia. [https://www.federchimica.it/docs/default-source/la-chimica-in-cifre/3-il-volto-della-chimica-in-italia.pdf?sfvrsn=c0e57493\\_31](https://www.federchimica.it/docs/default-source/la-chimica-in-cifre/3-il-volto-della-chimica-in-italia.pdf?sfvrsn=c0e57493_31)
- Federchimica. (2023). Situazione e prospettive per l'industria chimica. [https://www.federchimica.it/docs/default-source/scenari-e-tendenze/prospettive-chimica\\_ago2020.pdf?sfvrsn=9d2d4793\\_18](https://www.federchimica.it/docs/default-source/scenari-e-tendenze/prospettive-chimica_ago2020.pdf?sfvrsn=9d2d4793_18)
- International Energy Agency, World Energy Outlook 2022. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Lambertini, A. & Arpa Emilia Romagna. (2012). *Gli accordi volontari al Polo chimico di Ferrara*. [file:///C:/Users/fabio/Desktop/lambertini\\_es6\\_12.pdf](file:///C:/Users/fabio/Desktop/lambertini_es6_12.pdf)
- Marin, G., & Vona, F. (2023). Labour market implications for the sustainable transition. In *Handbook on Innovation, Society and the Environment* (pp. 345-357). Edward Elgar Publishing.
- Mazzanti, M., & Musolesi, A. (2020). *Modeling green knowledge production and environmental policies with semiparametric panel data regression models* (No. 1420). SEEDS, Sustainability Environmental Economics and Dynamics Studies.
- Mazzanti, M., Nicolli, F., Pareglio, S., Quatrosi, M. (2022). Adoption of Eco and Circular Economy-Innovation in Italy: exploring different firm profiles. Nota di Lavoro 06.2022, Milano, Italy: *Fondazione Eni Enrico Mattei*.
- Ministero della Transizione Ecologica (MITE). Strategia Nazionale per l'Economia Circolare. Giugno, 2022.
- Regolamento (CE) n.1907/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907R\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907R(01))
- The European House – Ambrosetti (2022). La circolarità della plastic: opportunità industriali, innovazione e ricadute economico-occupazionali per l'Italia.
- Vona, F., Marin, G., Consoli, D., & Popp, D. (2018). Environmental Regulation and Green Skills: An Empirical Exploration. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4(5), 713-753.
- Zoboli, R.; Mazzanti, M.; Paleari, S.; Bonacorsi, L.; Chioatto, E.; D'Amato, A.; Ghisetti, C.; Maggioni, M. A.; Zecca, E.; Pareglio, S. (2020). *Energy and the Circular Economy: Filling the Gap through New Business Models within the EGD*. FEEM Report No. 13 – 2020.